

[資 料]

大学ラグビー選手の合宿期間中における副腎皮質ホルモン 並びに尿酸の排泄について*

伊藤 孝**・樫村 修生**・森田 恭光**・中井 誠一**

佐藤 和英***・柴田 紘三郎***・綿井 永寿***

(昭和 58 年 1 月 17 日受理)

Urinary Excretion Adrenocortical Hormon, Uric Acid and Serum Uric Acid during Training Camp of Rugby Players

By Takashi ITO, Osamu KASHIMURA, Yasumitsu MORITA, Seiiti NAKAI,
Kazuhide SATO, Kozaburo SHIBATA and Eiju WATAI

目 的

運動の生体負担の影響を副腎皮質系ホルモンからとらえようとする研究は数多く報告されているが、大略運動初期に著増し、やがて徐々に減少傾向を示すとする報告^{1,11,28,27,29,30)}、長期間の継続運動を与えるとその初期増高の割合が徐々に低減して、所謂運動への適応がみられるとする報告^{12,29,30)}、さらには運動負荷強度を軽度、中等度、激度と変化させた場合、中等度程度以上の負荷で運動初期の分泌量と運動強度とにおいて、高い相関関係が認められるとする報告^{5,7,13,29)}、また直接運動と関わりはないが低地より高地への移行に際して増加したとする報告²¹⁾、季節・気象条件との関係からとらえた報告¹⁰⁾等がある。しかし、日常毎日トレーニングを繰り返しているスポーツマンが、強化合宿等によって、日頃の訓練量を上回る運動強度の負荷を一定期間おこなわざるを得ない状況がしばしばあり、このような環境下では如何なる動態を示すのかについては興味あるところであり、それについての報告¹⁸⁾³¹⁾は 2, 3 に過ぎず数少なく、必ずしも一致した知見が得られていない。

一方、スポーツマンである力士、柔道家、プロ野球選手等、長期間のトレーニングを継続してきたものに高尿酸血症や痛風の有症状者が多いとする報告^{14,23,32)}がみられ、また運動負荷後に尿酸の増加が促がされているとする報告^{8,9,19,22,32)}、逆に高尿酸血症者の軽運動負荷で運

動処方の可能性が認められたとする報告³⁾などがみられる。しかしいずれにせよ栄養、遺伝等の要因のみならず、運動の関与していることが予測され、興味あるところである。

今回、ちょうど日本体育大学ラグビー部の夏季合宿への参画の機会を得ることができたので、上述の日常訓練者に更に激度の運動を負荷した状態での生体負担の動態を尿中 17-OHCS (17-hydroxycorticosteroids) から検討を加えると共に、スポーツマンの健康状態を把握する意味から激運動時の尿酸代謝への影響を併せて観察したところ、若干の知見が得られたので報告する。

方 法

対象者は日本体育大学ラグビー部員 42 名 (1 年次生 26 名, 2 年次生 16 名) である。このうち合宿中の生体負担の状態を観察したものは 20 名である。表 1 は対象者の身体的特徴を示したものであるが、() 内は生体負担を副腎皮質系ホルモンからとらえたものの特徴で、1, 2 年次生ポジション別 (FW, BK) で各 5 名ずつの平均である。身長は平均 172.5 cm (FW 174.4 cm, BK 170.6 cm)、体重は平均 70.5 kg (FW 72.8 kg, BK 68.1 kg) である。

合宿期間は昭和 56 年 8 月 10 日より 8 月 31 日迄でその前後に採血並びに採尿をおこなった。

* 第 2 回保健体育研究会において一部口頭発表した

** 衛生学教室

*** 球技 II 研究室

表 1 被検者の身体特性

Table 1. Physical characteristics of subjects.

	ポジション	First-year		Second-year	
		FW; 11 名 (5 名) BK; 15 名 (5 名)		FW; 6 名 (5 名) BK; 10 名 (5 名)	
Height	FW	175.1±4.47 (174.4±3.71)		173.6±3.78 (174.22±4.11)	
	BK	168.5±5.27 (166.4±7.88)		172.6±3.97 (172.1±3.20)	
Weight	FW	75.84±7.04 (76.53±7.24)		69.79±6.31 (70.67±6.90)	
	BK	66.41±7.41 (64.34±2.87)		69.72±3.86 (67.74±3.39)	

採血及び採尿は早朝起床時 (5:00 a.m.) とし、採血にあたっては肘正中皮静脈より 5.0 ml 採取した。合宿期間中の日課は、凡そ 5 時 30 分より 9 時まで持久走や基本技術、午後は 2 時より 6 時まで集団プレー、ゲームを中心とした応用技術、夕食後約 1 時間はミーティング、就寝は 10 時であとは食事、休養等の自由時間である。また、合宿期間中はほとんどの学生が同一生活環境であるため、練習時間、練習内容、栄養状態等はほぼ同様の条件であった。

血清尿酸並びに尿中尿酸の定量は、End-Point 法に基づくもので、ウリカーゼ反応で生成された過酸化水素は、カタラーゼの存在下にあり、メタノールをホルムアルデヒドに酸化するが、これがアセチルアセトン、アンモニアと反応して黄色のルチヂン誘導体となる。これを 410 nm の波長で比色する Urica-quant^{18,24)} (Boehringer Mannheim 社製) によって抽出した。

また副腎皮質ホルモンである尿中 17-OHCS は、検体を pH 1.0 に調整し、除蛋白、除色素をおこなった後、*n*-Butanol に corticoids を吸着させ、よく脱水したものに発色試薬を加えて温浴槽で浸漬発色させたものを波長 410 nm で吸光度を測定し、次式により換算して排泄量を算出する Porter Silver Chromogens の変法^{18,25)}によった。

$$\frac{E_S - E_B}{E_{ST} - E_B} \times 0.05 (\mu\text{g/ml})$$

E_S ; 検体の吸光度

E_B ; ブタノールブランクの吸光度

E_{ST} ; 標準液の吸光度

成 績

ラグビーの合宿期間中における副腎皮質系機能の動態、即ち生体への負担の割合を尿中 17-OHCS の変動か

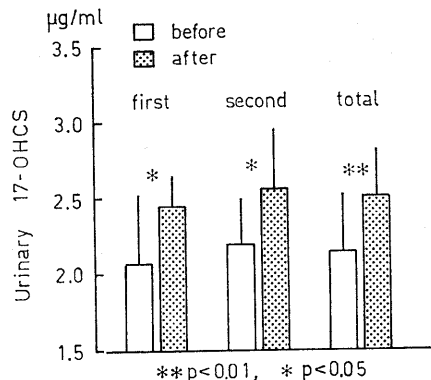


図 1 合宿前後の尿中 17-OHCS の変動

Fig. 1. Urinary excretion of 17-OHCS before and after training camp.

らとらえたものが図 1 である。1 年次生では合宿前値 $2.07 \pm 0.44 \mu\text{g/ml}$ (うちポジション別にみて FW; $2.09 \pm 0.35 \mu\text{g/ml}$, BK; $2.06 \pm 0.31 \mu\text{g/ml}$), 合宿後値は $2.44 \pm 0.19 \mu\text{g/ml}$ (FW; $2.46 \pm 0.20 \mu\text{g/ml}$, BK; $2.42 \pm 0.22 \mu\text{g/ml}$) で合宿後値において 17.5% の増加を示し、5% 水準で有意である。また 2 年次生では合宿前値 $2.23 \pm 0.30 \mu\text{g/ml}$ (FW; $2.24 \pm 0.31 \mu\text{g/ml}$, BK; $2.22 \pm 0.33 \mu\text{g/ml}$) であり、合宿後値は $2.57 \pm 0.39 \mu\text{g/ml}$ (FW; $2.74 \pm 0.48 \mu\text{g/ml}$, BK; $2.40 \pm 0.23 \mu\text{g/ml}$) で 1 年次生同様合宿後値に 13.7% の増加が認められ、5% 水準で有意差が認められた。また 1, 2 年次生の総計でも合宿後値において有意 ($p < 0.01$) の増加である。

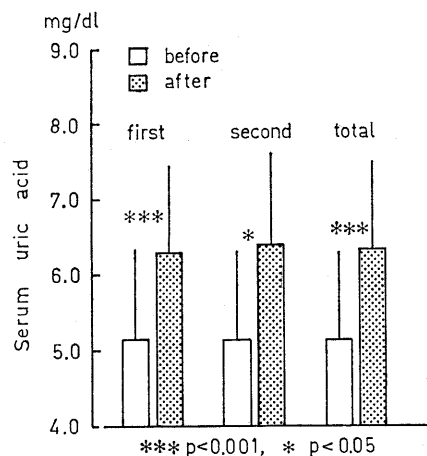


図 2 合宿前後の血清尿酸の変動

Fig. 2. Serum excretion of uric acid before and after training camp.

また合宿期間中の健康管理の把握あるいは運動性高尿酸血症の状態を調査するために血清尿酸並びに尿中尿酸の変動をみたものが、図2、3である。

まず血清尿酸(図2)の変動であるが、1年次生の合宿前値は 5.14 ± 1.22 mg/dl (ポジション別では FW; 5.18 ± 1.64 mg/dl, BK; 5.12 ± 0.93 mg/dl) で、合宿前値においてすでに正常域をこえているもの1例(7.32 mg/dl)認められた。合宿後値では 6.33 ± 1.16 mg/dl (FW; 6.51 ± 1.51 mg/dl, BK; 6.21 ± 0.91 mg/dl) で合宿後値において正常域をこえたものは6例(7.30~9.67 mg/dl)で、1例を除き他はすべて合宿後に高値を示した。合宿後値の前値に対する増加割合は 23.1% で有意 ($p > 0.001$) である。

2年次生の合宿前値をみると 5.17 ± 1.15 mg/dl (FW; 4.42 ± 1.56 mg/dl, BK; 5.51 ± 0.81 mg/dl) であり、合宿前値で正常域をこえているもの2例(7.107, 7.716 mg/dl)である。合宿後値では 6.40 ± 1.24 mg/dl (FW; 6.17 ± 0.41 mg/dl, BK; 6.64 ± 1.43 mg/dl) で正常域をこえた5例(7.18~8.73 mg/dl)を含めて、ほぼ全員(3例のみ定量不可)が合宿後に増高し、その増加は 23.9% で危険率 5% で有意差が認められた。また合宿前後の1年、2年次生、ポジション (FW, BK) 間には有意差は認められなかった。

一方、尿中尿酸の変動をみたものが、図3である。1年次生の合宿前値は 64.17 ± 12.77 mg/dl (ポジション別では FW; 58.45 ± 9.67 mg/dl, BK; 67.84 ± 13.40 mg/dl) で、正常域をこえたものは皆無である。合宿後値では 83.51 ± 9.95 mg/dl (FW; 81.31 ± 12.58 mg/dl, BK; 84.94 ± 8.02 mg/dl) で正常域をこえたものは6例

(90.41~100.51 mg/dl) で、合宿後値の増加は 30.2% の割合となり、前後間では 0.1% 水準で有意差が認められた。2年次生の合宿前値をみると 66.09 ± 21.63 mg/dl (FW; 65.52 ± 16.30 mg/dl, BK; 66.38 ± 24.69 mg/dl) であるが、正常域をこえているもの3例で 91.95~112.52 mg/dl の範囲である。合宿後値では 88.95 ± 20.77 mg/dl (FW; 84.71 ± 21.30 mg/dl, BK; 90.97 ± 21.45 mg/dl) で、正常域をこえたもの6例で最高値は 137.88 mg/dl にも及んでおり、全体の増高の平均は 34.6% で 0.1% レベルで有意であった。また合宿期間前後における学年間、ポジション間には血清尿酸同様に有意差は認められなかった。

考 案

運動の生体への影響を副腎皮質系機能の亢進からとらえようとする報告は、かなり以前から試みられている。例えば中瀬²⁸⁾はハンドボール競技後と駅伝競走後に増高したとし、有意差を認めており、宇佐美³⁰⁾も労働訓練時初期に、また Stolyarova²⁹⁾ はラットに短時間激発作を与え増高を認めている。著者ら¹¹⁾も長期間の訓練中各週ごとに追跡した結果、運動初期に増高するが、週を経るごとにその増高は漸減することを報告した。この他 Kagi¹⁷⁾、堤ら²⁹⁾、田畑ら²⁷⁾、跡見ら¹⁾も cortisol 分泌増高を認めている。

また、後藤ら⁴⁾、著者ら¹¹⁾は副腎皮質系機能の賦活をとらえる場合、17-KS、17-KGS よりも 17-OHCS の方が適当であることも報告したが、成績で示されているように、合宿前値に比べ後値に 1、2年次生平均 15.6% (1年次 17.5, 2年次 13.7%) の増高を示し、危険率 5% 水準で有意である。この増高であるが、日頃毎日トレーニングを重ねているものは運動初期に増大するが、その増高の割合は運動をしていないものに比べ漸減傾向にあるとされ、所謂運動訓練への適応がみられる訳であるが^{12, 29, 30)}、しかし、合宿終了日の翌朝尿であることからすれば、凡そ平常値に戻っていることが予測される。しかし前述のごとく早朝尿における増高であり、平常時のトレーニングを上回る激度の訓練を一定期間(合宿期間中)負荷し続けた場合、その負荷の影響が翌日にもち越されていることを示唆しているものとも考えられ、興味ある知見である。これは伊藤¹⁵⁾がレスリング選手の合宿前後の練習前尿で、上級鍛練者、初・中級鍛練者とも合宿最終日の午前尿において増高を示すものが多いことを指摘するとともに、激運動負荷を間歇的に数時間反復したり、一定時間激運動を継続したりするレスリング練

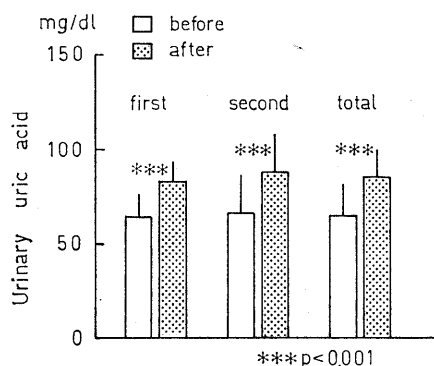


図3 合宿前後の尿中尿酸の変動

Fig. 3. Urinary excretion of uric acid before and after training camp.

習では、初期の増高がそのまま維持されていることを報告している。ラグビーの練習内容もレスリング練習のごとく、激運動の繰返しや一定強度の継続運動が多いことからすれば、その影響が翌朝尿の 17-OHCS を増高させている要因となっているのかも知れない。また Wenzkat⁸⁾ は日常訓練をしているスポーツマンを用いて疲労困憊に至るまでの運動を負荷したところ cortisol は常に増高を維持したとする報告とも一致する。

また血清尿酸並びに尿中尿酸であるが、合宿前値において、正常域をすでにこえているものは、血清尿酸で 3 例 (1 年次 1 例, 2 年次 2 例), 尿中尿酸で 3 例 (2 年次のみ) 認められ、血清尿酸の高い 2 年次生 2 例はともに尿中尿酸も高値を示したもので、高尿酸血症の疑いのものたれるものである。これについて著者ら¹⁴⁾ は、大学すもう選手の調査で、血清尿酸、尿中尿酸ともに高学年になるに従い正常域を越えるものの割合が有意に高まることを指摘したが、林⁹⁾、吉村⁸⁸⁾ は力士の調査で入門後の経験年数の短いものに正常域をこえるものは少ないが、長いものは高尿酸血症や痛風の発症が多いと報告しており、練習経験の多い高学年にその傾向があることを疑わせるものである。また、Rohrer index の大きいもの、とくに「アンコ」型選手に高尿酸値を示すものの多いことも併せて報告^{14, 28)} したが、ラグビーの FW 選手は常にスクラムを組み、大型選手が多いため、すもう選手と近似しているものと思われたが合宿前後ともに BK 選手との間に有意差は認められなかった。

一方、激運動を長時間継続した合宿前後の血清尿酸並びに尿中尿酸の変動であるが、1, 2 年次生ともに合宿後に有意な増加 (平均; 血清 23.5% 尿 32.4%) を示している。一般に運動性高尿酸血症は、運動後かなりの時間遅延して急増がみられるとされるが、井本ら⁸⁾ はマラソン終了後 24 時間経ても増高を示したとし、井川ら⁹⁾ も自転車エルゴでの負荷で、2 時間後に急増し、21 時間後でも正常域に戻っていないとしている。われわれの調査でも翌朝に採血、採尿をしている訳で、かなりの時間経過しているにもかかわらず有意の増高が認められていることになり、同様の結果となっている。この他、Leslie¹⁰⁾、中井ら²²⁾ も運動後にそれぞれ増高を認めているが、この運動性高尿酸血症の発生要因として考えられることは、運動という刺激によりプリン体代謝を亢進させ、尿酸産生を増大させていることが予測されるが、一方激運動により腎での排泄機序に機能低下が起こり、排泄が抑制され高値を示すこと等が考えられる。

これについて三上ら²⁰⁾ は、激運動前に尿酸排泄剤

(benecid) と尿酸生成抑制剤 (allopurinol) を日を変えて投与した結果、運動による高尿酸現象は尿酸排泄の低下よりも、尿酸産生の亢進に起因する割合の大きいことを報告している。山田ら³²⁾ も産生亢進、排泄低下の双方が関与しているとしている。しかし、藤田ら³⁾ の報告では、高尿酸血症者に 30~40% $\dot{V}O_{2\max}$ 強度相当の負荷を与えたところ尿酸の低下がみられたとする興味ある報告で、痛風、高尿酸血症者への運動処方の可能性が期待できるのかも知れない。いずれにせよ激運動では尿酸値が増高することは事実であり、毎日継続して激しいトレーニングをする選手では常に高尿酸状態が維持されていることになり、食物管理等とあわせ、運動処方の改善、定期的検診を必要とするものと思われる。

結 論

ラグビー選手の強化合宿という日常のトレーニングより、更に激度の運動をおこなった際の生体に与える影響を副腎皮質系機能の賦活から、また運動性高尿酸現象と健康管理の立場から尿酸の動態をとらえた結果

1. 尿中 17-OHCS は合宿前値より後値において 15.6% の増高を示し、危険率 5% 水準で有意差が認められた。しかし、この増高は翌朝尿であることから、練習強度・時間等との関わりで興味のある知見である。
2. 血清尿酸並びに尿中尿酸の合宿前値で、すでに正常域をこえているものがおり、高尿酸血症の疑いのものたれるものが存在している。
3. 合宿前後の血清尿酸、尿中尿酸の変動はともに後値に 23.5%, 32.4% の増高がみられ有意差 (ともに $p < 0.001$) が認められた。これは運動性高尿酸現象と受けとめられるが、日々激度のトレーニングをする選手では、栄養管理と併わせ運動処方の管理も必要であることを示唆しているものと考えられる。

稿を終えるに臨み、終始ご懇篤なるご指導を賜りました松岡脩吉名誉教授に深甚の謝意を表します。また、本調査にご協力頂いた学生諸君に心より深謝申し上げます。

参考文献

- 1) 跡見順子他; 日本体育学会第 33 回大会号, 307, 1982.
- 2) Davies, C. T. M. et al.; *J. Appl. Physiol.*, 35, 887, 1973.
- 3) 藤田定彦他; 第 35 回日本体力医学会大会予稿集, 187, 1980.

- 4) 後藤芳雄他; 体力研究, **15**, 9, 1968.
- 5) 後藤芳雄他; 体力研究, **25**, 16, 1972.
- 6) 林 盈六; すもう診療所からのレポート, 女子栄養大出版部, **142**, 1978.
- 7) Hartley, L. H. et al.; *J. Appl. Physiol.*, **33**, 602, 1972.
- 8) 井本岳秋他; 第 37 回日本体力医学会大会予稿集, 213, 1982.
- 9) 井川幸雄他; 第 26 回日本体力医学会大会予稿集, 60, 1972.
- 10) 石樽清司他; 日本生気象学会雑誌, **19**, 1, 27, 1982.
- 11) 伊藤 孝他; 日本体育大学紀要, **4**, 15, 1974.
- 12) 伊藤 孝他; 体力科学, **23**, 3, 112, 1974.
- 13) 伊藤 孝他; 日本体育学会第 23 回大会号, 174, 1974.
- 14) 伊藤 孝他; 日本体育大学紀要, **10**, 33, 1981.
- 15) 伊藤洋子; 目白女子短期大学紀要, **17**, 15, 1980.
- 16) 岩井一義; 臨床病理, **13**, 427, 1965.
- 17) Kägi, H. H.; *Helv. Med. Acta.*, **22**, 258, 1955.
- 18) Keilin, D. et al.; *Biochem. J.*, **60**, 310, 1955.
- 19) Leslie, W. et al.; *J. Sports Med.*, **12**, 23, 1972.
- 20) 三上俊夫他; 第 37 回日本体力医学会大会予稿集, 173, 1982.
- 21) Moncloa, F. et al.; *Steroid.*, **1**, 437, 1963.
- 22) 中井誠一他; 日本体育大学体育研究所報, **2**, 97, 1974.
- 23) 中瀬渉夫; 大阪市立医科大学誌, **4** (1), 43, 1955.
- 24) Nash, T.; *Biochem. J.*, **55**, 416, 1953.
- 25) Reddy, J. J. et al.; *Metabolism*, **1**, 511, 1952.
- 26) Stolyarova, N. A.; *Fiziol. Zh, SSSR.*, **54**, 838, 1968.
- 27) 田畑 泉他; 第 37 回日本体力医学会大会予稿集, 183, 1982.
- 28) 高橋英一他; 日本体育学会第 29 回大会号, 571, 1978.
- 29) 堤 達也他; 体力研究, **37**, 46, 1977.
- 30) 宇佐美駿一; *J. Physiol. Soc. Japan*, **19**, 481, 1957.
- 31) Wenzkat, P. B. et al.; *Acta. Biol. Med. Ger.*, **21**, 163, 1968.
- 32) 山田哲雄他; 日本体育学会第 33 回大会号, 346, 1982.
- 33) 吉村 隆; 総合臨床, **15**, 1, 126, 1966.